

学校编码: 10384 分类号__密级__

学号: 22320051302491 UDC__

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

模型预测控制的远程监测方法及其在 J2EE 下的实现

**Model Predictive Control Remote Monitor method and Its
Implementation on J2EE Platform**

何旭华

指导教师姓名: 吉国力教授

专 业 名 称: 系统工程

论文提交日期: 2008 年 04 月

论文答辩时间:

学位授予日期:

答辩委员会主席: _____

评阅人: _____

2008 年 04 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1. 保密（ ），在 年解密后适用本授权书。
2. 不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名： 日期： 年 月 日

导师签名： 日期： 年 月 日

摘要

模型预测控制(Model Predictive Control, 简称 MPC 控制)亦称预测控制, 是 20 世纪 70 年代在工业过程控制领域中出现的一类新型计算机控制算法。现在对于模型预测控制的相关研究已经相当深入, 然而如何监测模型预测控制过程, 特别如何能够对模型预测控制进行远程监测, 还处于初始阶段。

随着计算机网络技术和通信技术的发展, 特别是 Internet 技术的发展, 信息高速公路的开通, 推动了远程监测技术的产生与广泛应用。远程监测可以同时多个对象的监测数据集中到远程监测中心进行统一管理、分析等。

本文首先分析了模型预测控制的监测现状, 对其提出了远程监测的方法, 给出了远程监测的具体方案, 并基于 J2EE 平台给予一种实现思路。J2EE 是企业分布式应用的开发的标准平台。J2EE 可以为复杂的企业应用提供强大的技术保障。目前, 在开源社区有许多开源的 J2EE 开发框架不断涌现出来, 为系统的实现提供了强大的支持。

在系统实现方面, 首先在分析 J2EE 规范多层结构的基础之上, 确定了平台架构分层; 其次对平台架构各主要层次进行分析, 分析了 web 层、业务逻辑层所需采用的设计模式, 对持久层的各种解决方案和 DAO 设计模式进行了分析, 并结合最新的 J2EE 5.0 技术给予实现。

在系统远程监测方面, 基于 WebService, 通过 Apache CXF 框架, 实现与其他系统的通信, 实现远程数据交互, 并通过解析远程数据, 生成可以理解的动态图表数据, 通过浏览器显示。

关键词: MPC; J2EE; WebService

Abstract

Model Predictive Control, also known as predictive control, is a model based advanced control technology. The research of model predictive control is already very in-depth, but how to monitor model predictive control process, especially the remote monitoring, is still in the initial stage.

With computer networks and communication technology development, especially in the development of Internet technology, the information superhighway and the opening and promoted the formation of remote monitoring technology and extensive application. Remote monitoring can also be a number of monitoring data on the object to the remote monitoring center for unified management, analysis etc.

This paper analyzed the model predictive control of monitoring the status quo, raised its remote monitoring methods, and based on J2EE to a realization of ideas. J2EE is the development of the standard platform. At present, there are many in the open source community of open source J2EE development framework will continue provide a powerful support.

Implementation of the system, established a platform hierarchical structure based on J2EE, followed by the main structure of the platform-level analysis. The various layers of durable solutions and DAO design patterns were analyzed.

In remote monitoring system, based on the WebService, through the Apache CXF framework to achieve with other systems of communications, remote data exchange and analysis through remote data, generate dynamic charts, display through the browser.

Key words: MPC; J2EE; WebService

目录

第一章 绪论.....	1
1.1 选题背景.....	1
1.2 本文研究内容.....	2
1.3 研究意义.....	2
1.4 本文的主要工作.....	2
第二章 模型预测控制（MPC）介绍.....	4
2.1 模型预测控制的基本类型及特点.....	4
2.1.1 模型预测控制的基本类型.....	4
2.1.2 模型预测控制的特点.....	5
2.1.3 模型预测控制的工业应用模式.....	7
2.2 模型预测控制的监测现状.....	7
2.3 模型预测控制的远程监测.....	8
2.4 小结.....	9
第三章 远程监测系统主要实现技术.....	11
3.1 J2EE5.0 开发平台.....	11
3.1.1 使用泛型 Generic type.....	11
3.1.2 基于注解 Annotations.....	12
3.2 J2EE 体系结构.....	12
3.2.1 J2EE 四层体系模型.....	13
3.2.2 MVC 设计模式.....	14
3.3 Spring 和 Hibernate 开发框架.....	15
3.3.1 Spring 框架.....	15
3.3.2 Hibernate 框架.....	19
3.4 基于 WebService 的远程监测.....	21
3.4.1 WebService 及其特点.....	21
3.4.2 WebService 的优势.....	22
3.4.3 Apache CXF 框架.....	23
3.5 其他关键技术.....	24
3.5.1 JFreeChart.....	24
3.5.2 Ajax.....	25
3.6 本章小结.....	26
第四章 远程监测系统设计.....	27
4.1 系统特点.....	27
4.2 建设目标.....	27
4.3 组成部分及功能概述.....	28

4.3.1 前台功能概述.....	29
4.3.2 后台功能概述.....	30
4.3.3 UML 用例分析.....	30
4.3.4 UML 活动图.....	32
4.4 系统架构设计.....	34
4.4.1 持久层设计.....	36
4.4.2 业务层设计.....	37
4.4.3 表现层设计.....	38
4.5 数据库设计.....	39
4.5.1 工程数据表设计.....	40
4.5.2 用户权限表设计.....	45
4.6 远程监测信息交互设计.....	45
4.7 性能指标.....	46
4.8 配置要求及运行环境.....	47
第五章 远程监测系统实现.....	49
5.1 系统的实现过程.....	49
5.1.1 持久层的实现.....	49
5.1.2 业务层的实现.....	50
5.1.3 表现层的实现.....	51
5.2 系统远程交互的实现过程.....	55
5.2.1 基于 CXF 实现远程监测.....	55
5.2.2 客户端的实现.....	56
第六章 结论与展望.....	57
6.1 结论.....	57
6.2 进一步方向.....	57
参考文献.....	58
致谢.....	60

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Background of the topics	1
1.2 The content of this paper	2
1.3 Significance	2
1.4 The main work	2
Chapter 2 Introduce about model predictive control	4
2.1 The basic types and characteristics of model predictive control	4
2.1.1 The basic types of model predictive control	4
2.1.2 The characteristics of model predictive control	5
2.1.3 Industrial application mode of model predictive control	7
2.2 Status quo of model predictive control	7
2.3 Remote monitoring of model predictive contro	8
2.4 Summary	9
Chapter 3 Technology about remote monitoring.....	11
3.1 New Introduction of J2EE5.0 platform	11
3.1.1 Use Generic type	11
3.1.2 Based on Annotations	12
3.2 J2EE architecture	12
3.2.1 J2EE four-tier system model	13
3.2.2 MVC design pattern	14
3.3 Spring and Hibernate development framework.....	15
3.3.1 Spring framework	15
3.3.2 Hibernate framework	19
3.4 WebService on the remote monitoring	21
3.4.1 WebService and its characteristics	21
3.4.2 WebService's advantage.....	22
3.4.3 Apache CXF framework	23
3.5 Other technologies	24
3.5.1 JFreeChart	24
3.5.2 Ajax	25
3.6 Summary	26
Chapter 4 Remote Monitoring System Design	27
4.1 System features	27
4.2 Objectives	27
4.3 Components and functions	28
4.3.1 Prospects functions outlined	29

4.3.2 Background functions outlined	30
4.3.3 UML use case analysis.....	30
4.3.4 UML activity diagram.....	32
4.4 System architecture design	34
4.4.1 Persistence design	36
4.4.2 Business design.....	37
4.4.3 Performance design.....	38
4.5 Database design	39
4.5.1 Engineering tables design	40
4.5.2 User privileges table design.....	45
4.6 Remote Monitoring Interactive Design	45
4.7 Performance Indicators	46
4.8 Configuration requirements and operating environment	47
Chapter 5 Remote Monitoring System Implementation	49
5.1 System implementation	49
5.1.1 Persistence implementation	49
5.1.2 Business implementation	50
5.1.3 Performance implementation	51
5.2 Remote interactive process implementation	55
5.2.1 CXF-based remote monitoring	55
5.2.2 client implementation.....	56
Chapter 6 Conclusions and Prospect.....	57
6.1 Conclusion.....	57
6.2 Prospect	57
References	58
Thanks	60

厦门大学博硕士论文摘要库

第一章 绪论

1.1 选题背景

从 20 世纪 50 年代以来,先进过程控制在工业过程控制领域迅速的发展起来,由于其处理复杂工业过程的优良特点,越来越受到工业控制专家及学者的青睐。它以先进的控制理论为基础,以计算机、智能传感器与仪表、总线网络为手段,一改传统的工业控制方式,在全局优化的基础上,可以有效的提高产品质量和生产效率。模型预测控制(MPC)是 20 世纪 70 年代在先进过程控制领域中出现的一类新型计算机控制算法,也是仅有的成功应用于工业控制中的先进控制方法之一。它是一种基于模型预测的启发式控制算法,采用输入/输出的非参数形式阶跃响应及脉冲响应模型作为预测模型。MPC 首先是在首先在炼油工业中得到成功应用,进入八九十年代以后,预测控制的应用领域扩大到了化工、造纸、冶金等行业,由此引起更多理论研究者的关注。整个 80 年代,出现了许多模型预测控制的工程化软件包。

模型预测控制取得了长足的发展,但在使用的过程中也存在一些应用方面的问题:

(1) 技术支持问题。当控制器进行的辨识试验、实时控制,需要专家及技术人员赶赴现场,观察分析各种数据后做出下一步的结论时,此时作为技术专家,如果要到每一个工业现场进行技术支持,将造成大量的人力物力的消耗,影响工作效率、响应延迟。

(2) 数据判读问题。当要根据实时数据对控制器的工作情况进行判断,对辨识出的控制模型及控制数据进行判读时,需要技术专家及工程技术从人员在工业现场实时进行,这样费时且费力。

(3) 现场监测问题。在大型的工业控制现场,控制器在一台计算机运行,但前、后端控制设备及人员要分布于不同地点的控制点上,技术人员想了解控制器的工作情况,要回到控制器运行的计算机上才可以看到。

(4) 数据收集问题。控制器在工业应用中的实际数据积累,对于今后控制器的改进,二次开发很有意义,面对遍布世界各地的数据,要找到一种合适的方法来收集。

随着计算机网络的迅猛发展,web 在各行业中的应用越来越广泛,发挥的作用越来越大。web 已经成为最重要的 Internet 应用,研究资料显示 web 通信量占 Internet 通信量的三分之二以上。作为一种资源的组织和表达形式,web 已经成为最重要的信息传输媒介。越来越多的政府机构、公司、组织创建了基于 web 的应用系统。web 应用系统已从简单的 web 站点发展到专业应用程序、电子商务系统和大型的企业级应用系统。利用 Web 应用系统可以有效解决上述面临的控制器应用问题,可以使控制器在工业上的应用更加广泛与方便,节省大量的人力物力。

1.2 本文研究内容

模型预测控制的研究已经不断深入,相关控制系统的建设也不断发展,然而对于这些系统的监测特别是远程监测还属于新的领域,而远程监测可以在异地获得第一手的数据,减少处理问题的响应时间,减少问题发生后的损失,对于工业控制有着重要的意义,所以对于工业控制的远程监测进行研究,并根据提出的远程监测方案给予了具体实现。

1.3 研究意义

实现对工业控制的远程监测,技术人员无需当问题发生时必须赶赴现场解决,可以通过日益发达的计算机网络远程了解系统情况,并根据实时远程数据进行分析,提出解决方案,从而节省了大量的人力物力,提高了解决问题的响应速度,减少了响应时间。

1.4 本文的主要工作

本文首先概要讲述了模型预测控制的类型、特点,简述了对于模型预测控

制的监测现状。对监测现状提出了改进的方案，并在其基础上阐述了进行远程监测的方法。然后基于 J2EE 技术提出了系统的设计方案，基于 WebService 提出了远程监测的设计方案，并给出了实现的具体过程。

厦门大学博士论文摘要库

第二章 模型预测控制（MPC）介绍

在工业过程计算机控制发展领域，值得一提的是预测控制技术的发展。1978年，预测控制之父Richalet等在著名论文《模型预测时域控制在工业过程中的应用》一文中首先阐述了这种算法产生的背景、机理与应用效果^[1]。

这类算法用直接从生产现场检测得到的过程响应来描述过程动态行为，不需事先知道过程模型的结构和参数，也不必通过复杂的辨识来建立过程的数学模型，即可根据某一优化指标设计控制系统，确定一个控制量的序列，使未来一段时间内被控量与经过柔化后的期望轨迹之间的误差平方和为最小。预测控制算法采用的是不断在线滚动优化，而且在优化过程中不断通过实测系统输出与预测模型输出的误差来进行反馈校正，所以能在一定程度上克服模型误差和某些不确定性干扰等的影响，使系统的鲁棒性得到增强，适用于控制复杂的工业生产过程。

预测控制的主要特征是：以预测模型为基础，采用二次在线滚动优化性能指标和反馈校正的策略，来克服受控对象建模误差和结构、参数与环境等不确定性因素的影响，有效地弥补了现代控制理论对复杂受控对象无法避免的不足之处。

2.1 模型预测控制的基本类型及特点

2.1.1 模型预测控制的基本类型

预测控制在初期发展阶段，算法种类已相当繁多，但按其基本结构模式，大致可以分为三类：

1. 以非参数模型为预测模型的预测控制算法：有 Culter 等人提出的基于有限阶跃响应模型的动态矩阵控制(Dynamic Matrix Control, DMC) 和 Rouhani 等人提出的基于优先脉冲响应模型的模型算法控制(Model AlgorithmicControl, MAC)。这类非参数模型建模相当方便，只要通过受控对象的脉冲响应和阶跃响应测试即可得到，因而无需考虑模型的结构与阶次，系统的纯滞后必然包括在响应值中，因此这类算法特别容易表示动

态响应不规则的受控对象特性。正是由于这些优点，目前商品化的预测控制软件包大多采用这类非线性模型，如 Shell 石油公司的 QDMC 和 Setpoint 公司的 IDCOM 软件包等，但其局限性较大，只适用于开环自稳定对象，且当对象时间常数较大时，势必模型参数增多，控制算法计算量增大。

2. 与经典自适应控制相结合的一类长程预测控制算法：有 Clarke 提出的受控自回归积分滑动平均模型(Controlled Auto-Regressive Integrated Moving Average CARIMA)的广义预测控制(Generalized Predictive Control GPC)；由 Lelic 等将频域的零极点配置方法与预测控制相结合，提出的广义预测控制极点配置控制(Generalized Predictive Poleplacement Horizon adaptive Control, GPPC)。这一类基于辨识模型并且带有自校正的预测控制算法，以长时段多步优化取代了经典最小方差控制中的一步预测优化，从而适用于时滞和非最小相位对象，并改善了控制性能和模型失配的鲁棒性
3. 基于结构设计不同的另一类预测控制算法：有 Garcia 等提出的内模控制(Internal Model Control, IMC)，以及推理控制(Inferential Control, IC) 和 Kwon 等人构造的基于状态空间的滚动时域预测控制(Receding Horizon Predictive Control, RHPC)，这类算法是从结构上研究预测控制的一个独特分支。

2.1.2 模型预测控制的特点

模型预测控制算法发展至今，虽然有不同的表示形式，但归纳起来，它的任何算法形式都始终包括了预测模型、参考轨迹、在线校正、目标函数或性能指标以及在线滚动优化等五个方面。预测控制之所以能在实际工程中得到成功的应用，其成功之处在于突破了传统的控制模式，具有如下几个特征：

1. 预测模型的多样性。从原理上讲，只要是具有预测功能的受控对象模型，无论采用什么描述形式，都可以作为预测模型。在预测控制中，注重的是模型功能，而不是结构形式，因此，预测控制算法改变了现代控制理论对模型结构较严格的要求，更着眼于根据功能需求按最方便途径建立多样性的模型。

2. 滚动优化的时变性。预测控制采用的不是常规最优控制中固定的全局优化目标，而是在有限时域内的滚动优化策略。即在每一时刻对兼顾未来充分长时间内的理想优化和包含系统存在的时变不确定性局域优化目标函数，进行不断更新，而下一时刻的滚动优化是根据系统当前控制输入作用的响应，这比在理想条件下，实现复杂对象的优化控制要现实得多。因此，滚动优化不是一次性离线运算，而是反复在线进行的，这种时变性虽然在每一时刻只能得到全局的次优解，然而却能使由模型失配、时变与干扰等引起的不确定性得到及时补偿，最终将新优化目标函数与系统现实状态相吻合，保证优化的实际效果。
3. 在线校正的鲁棒性。在预测控制中，把系统输出的动态预估问题分为预测模型的输出预测和基于偏差的预测校正两个部分。由于预测模型只是对象动态特性的粗略描述，而实际系统中通常存在非线性、时变性、模型失配与随机干扰等因素。因此，预测模型不可能与实际对象完全相符，预测模型的输出与实际系统输出之间必然存在偏差。采用这种偏差进行在线校正，构成具有负反馈环节的系统，从而提高了预测控制系统的鲁棒性。

上述三个特征，体现了预测控制更符合复杂系统控制的不确定性与时变性的实际情况，若在更高的层次上将模型预测控制作为一类方法来看待，这些基本特征正是预测控制的本质和精髓所在，也是预测控制在复杂控制系统领域中得到重视和实用的根本原因。作为从工程实际中发展起来的一种控制理论，预测控制的很多理论问题在研究初始阶段尚不清楚，但这并未妨碍它在工业中的广泛应用。实际情况是，在缺乏成熟的理论指导的情况下，模型预测控制方法在工程实践中仍然得到了非常成功的应用。在传统模型预测控制中，稳定性和跟踪性能一般用内模控制的思想进行频域分析，并通过构造适合的反馈滤波器使闭环系统具有一定的鲁棒性^[2]。在预测控制的设计阶段，很多参数，如目标函数、模型长度、控制时域、预测时域等，没有系统的选择方法，只有一些指导性的准则，因而只能用试凑法进行参数整定。在应用中，闭环系统的稳定性和给定的性能指标也常用仿真或实验的方法进行验证。不完备的；反馈校正正是传统预测控制用来抑制扰动同时，传统的预测模型对系统的描述是、解决时滞及克服模型失配的唯一途径。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库